

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-162566

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/09
 G01R 33/032
 G02B 5/28
 G11B 11/10
 H01F 10/20
 H01F 10/26

(21)Application number : 10-336613

(71)Applicant : TOKYO INST OF TECHNOL

(22)Date of filing : 27.11.1998

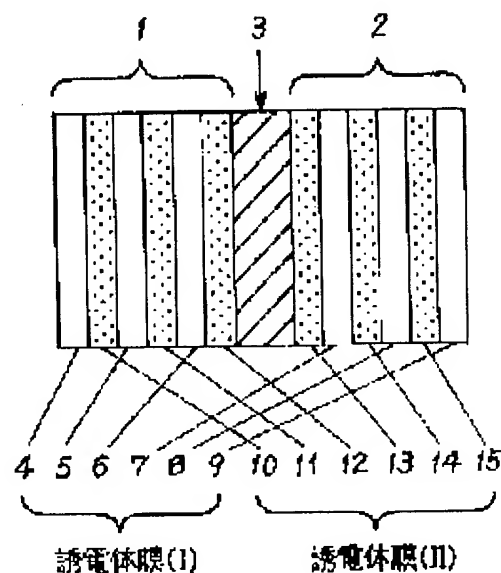
(72)Inventor : ABE MASANORI
 INOUE MITSUTERU
 KITAMOTO JINKO

(54) MAGNETO-OPTIC EFFECT ENHANCING ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magneto-optic effect enhancing element with an improved magneto-optic effect enhancing ratio by preparing a ferritic film with a ferritic plating method without high temperature-heating.

SOLUTION: A magneto-optic effect enhancing element having a sandwiched structure to satisfy the Fabry-Perot resonance condition is manufactured by forming a first dielectric multilayer reflection film 1, with two kinds of dielectric films 4, 5, 6, 10, 11, 12 stacking alternately by vacuum depositing or sputtering on a substrate, by forming a ferritic film 3 by a ferritic plating method at $\geq 20^{\circ}\text{C}$ and $\leq 100^{\circ}\text{C}$ on the dielectric multilayer reflection film 1 and by forming a second dielectric multilayer reflection film 2, with two kinds of dielectric films 7, 8, 9, 13, 14, 15 stacking alternately by vacuum depositing or sputtering on the ferritic film 3.



LEGAL STATUS

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-162566

(P2000-162566A)

(43)公開日 平成12年6月16日(2000.6.16)

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 2 F 1/09	5 0 5	G 0 2 F 1/09	5 0 5 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/032		G 0 1 R 33/032	2 H 0 4 8
G 0 2 B 5/28		G 0 2 B 5/28	2 H 0 7 9
G 1 1 B 11/10	5 0 1	G 1 1 B 11/10	5 0 1 Z 5 D 0 7 5
	5 4 1		5 4 1 B 5 E 0 4 9

審査請求 有 請求項の数4 OL (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-336613

(22)出願日 平成10年11月27日(1998.11.27)

(71)出願人 391012316

東京工業大学長

東京都目黒区大岡山2丁目12番1号

(72)発明者 阿部 正紀

東京都大田区西嶺町9-6-705

(72)発明者 井上 光輝

宮城県仙台市青葉区片平2-1-1 東北
大学電気通信研究所内

(72)発明者 北本 仁孝

神奈川県横浜市港北区篠原町2589

(74)代理人 100059258

弁理士 杉村 曉秀 (外8名)

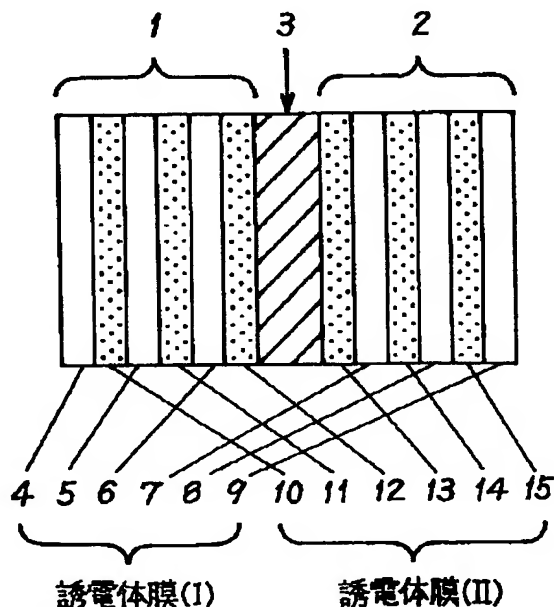
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気光学効果増大素子およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 フェライトめっき法で高温加熱せずにフェライト膜を作製することにより、磁気光学効果増大率を向上させた磁気光学効果増大素子を提供する。

【解決手段】 基板上に2種類の誘電体膜4、5、6、10、11、12を真空蒸着法またはスパッタ法により交互に積層して第1の誘電体多層反射膜1を作製し、該誘電体多層反射膜1上にフェライト膜3をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製し、該フェライト膜3上に2種類の誘電体膜7、8、9、13、14、15を真空蒸着法またはスパッタ法により交互に積層して第2の誘電体多層反射膜2を作製することにより、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように構成したサンドイッチ構造の磁気光学効果増大素子を製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1および第2の誘電体多層反射膜間にフェライト膜を挟んでサンドイッチ構造とするとともに、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように構成した磁気光学効果増大素子において、

前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するようにしたことを特徴とする磁気光学効果増大素子。

【請求項2】 誘電体膜およびフェライト膜を順次交互に積層させて多層膜構造とするとともに、乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件を満足させるように構成した磁気光学効果増大素子において、前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するようにしたことを特徴とする磁気光学効果増大素子。

【請求項3】 基板上に2種類の誘電体膜を真空蒸着法またはスパッタ法により交互に積層して第1の誘電体多層反射膜を作製し、該第1の誘電体多層反射膜上にフェライト膜を作製し、該フェライト膜上に2種類の誘電体膜を真空蒸着法またはスパッタ法により交互に積層して第2の誘電体多層反射膜を作製してサンドイッチ構造とするとともに、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように磁気光学効果増大素子を製造するに際し、

前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製することを特徴とする磁気光学効果増大素子の製造方法。

【請求項4】 基板上にフェライト膜および誘電体膜を順次交互に積層させて多層膜構造を作製するとともに、乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件を満足させるように磁気光学効果増大素子を製造するに際し、

前記誘電体膜を真空蒸着法またはスパッタ法により作製するとともに、前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製することを特徴とする磁気光学効果増大素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、「ファブリペロー共鳴条件」や「乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件」を満足させるように構成した磁気光学効果増大素子の磁気光学効果増大率を向上させる製造方法および、該製造方法により製造される磁気光学効果増大素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気光学効果増大素子の従来例としては、例えば図1および図2に示す構造のものが提案されている。図1に示す従来例（以下、従来例1という）は、本願発明者が電気学会マグネティックス研究会資料；MAG-96-168 P1-10（平成8年11月 埼玉大学）に論文「光局在による磁気光学ファラデー効果の巨大エン

ハンスメント」（以下、論文1という）として発表したものであり、フェライト膜の磁気光学効果を増大させるために、2組の誘電体多層反射膜1、2の間にフェライト膜3を挟んだサンドイッチ構造として構成されている。図2に示す従来例（以下、従来例2という）は、本願発明者が日本応用磁気学会誌21, P187-P192(1997)に、論文「乱れた積層構造をもつ多層薄膜の光局在化による磁気光学ファラデー効果の巨大エンハンスメント」

（以下、論文2という）として発表したものであり、厚さを異ならせたフェライト膜および誘電体膜を交互に積層した多層膜構造として構成されている。

【0003】従来例1では、誘電体多層反射膜1、2をそれぞれ、屈折率の異なる2種類の誘電体膜である誘電体膜（I）；4、5、6、7、8、9および誘電体膜（II）；10、11、12、13、14、15を交互に堆積して作製する。上記2種類の誘電体膜（I）および（II）としては SiO_2 、 Ta_2O_5 等の酸化物誘電体膜を用い、この酸化物誘電体膜は300℃程度以下の温度で、真空蒸着法、スパッタ法等によって作製する。その間、従来例1では、2種類の誘電体膜および1種類のフェライト膜の厚さを調節して「ファブリペロー共鳴条件」を満足させることによって磁気光学効果を増大させている。

【0004】一方、従来例2では、1種類の誘電体膜16、17、18、19、20および1種類のフェライト膜21、22、23、24、25、26を交互に堆積して多層膜構造を作製する。上記1種類の誘電体膜としては SiO_2 もしくは Ta_2O_5 等の酸化物誘電体膜を用い、この酸化物誘電体膜は300℃程度以下の温度で、真空蒸着法、スパッタ法等によって作製する。その間、従来例2では、各誘電体膜および各フェライト膜の厚さを調節して「乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件」を満足させることによって磁気光学効果を増大させている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】フェライト膜を強磁性を示す結晶質とするためには、900℃程度以上に昇温する必要があるが、例えば500℃程度に昇温した場合であっても、酸化物誘電体膜同士および酸化物誘電体膜とフェライト膜との間で金属イオンの拡散が起こるため、酸化物誘電体膜自体および酸化物誘電体膜とフェライト膜との間の磁気光学効果増大現象が著しく低減されてしまう。したがって、上記のようにして500℃程度以上に昇温してフェライト膜を作製した場合には、磁気光学効果増大素子の磁気光学効果増大率が著しく低減されてしまう。

【0006】本発明は、上記問題に着目してなされたものであり、磁気光学効果増大率を向上させるようにした磁気光学効果増大素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的のため、請求項1に記載の第1発明は、第1および第2の誘電体多層反射膜間にフェライト膜を挟んでサンドイッチ構造とするとともに、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように構成した磁気光学効果増大素子において、前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するようにしたことを特徴とする。

【0008】上記目的のため、請求項2に記載の第2発明は、誘電体膜およびフェライト膜を順次交互に積層させて多層膜構造とするとともに、乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件を満足させるように構成した磁気光学効果増大素子において、前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するようにしたことを特徴とする。

【0009】上記目的のため、請求項3に記載の第3発明は、基板上に2種類の誘電体膜を真空蒸着法またはスパッタ法により交互に積層して第1の誘電体多層反射膜を作製し、該第1の誘電体多層反射膜上にフェライト膜を作製し、該フェライト膜上に2種類の誘電体膜を真空蒸着法またはスパッタ法により交互に積層して第2の誘電体多層反射膜を作製してサンドイッチ構造とするとともに、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように磁気光学効果増大素子を製造するに際し、前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製することを特徴とする。

【0010】上記目的のため、請求項4に記載の第4発明は、基板上にフェライト膜および誘電体膜を順次交互に積層させて多層膜構造を作製するとともに、乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件を満足させるように磁気光学効果増大素子を製造するに際し、前記誘電体膜を真空蒸着法またはスパッタ法により作製するとともに、前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製することを特徴とする。

【0011】

【発明の効果】請求項1によれば、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように、第1および第2の誘電体多層反射膜間にフェライト膜を挟んだサンドイッチ構造に構成した磁気光学効果増大素子の、フェライト膜は、フェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するから、誘電体多層反射膜自体ならびに誘電体多層反射膜およびフェライト膜間の磁気光学効果増大率の高温加熱に起因する劣化は生じない。したがって、高い磁気光学効果増大率が確保されることになり、高い性能指数が得られる磁気光学効果増大素子を実現することができる。

【0012】請求項2によれば、乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件を満足させるように、誘電体膜およびフェライト膜を順次交互に積層させ

て多層膜構造に構成した磁気光学効果増大素子の、フェライト膜は、フェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するから、誘電体多層反射膜自体ならびに誘電体多層反射膜およびフェライト膜間の磁気光学効果増大率の高温加熱に起因する劣化は生じない。したがって、高い磁気光学効果増大率が確保されることになり、高い性能指数が得られる磁気光学効果増大素子を実現することができる。

【0013】請求項3によれば、2種類の誘電体膜を真空蒸着法またはスパッタ法により交互に積層して構成した第1および第2の誘電体多層反射膜間にフェライト膜を作製して、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように磁気光学効果増大素子を作製する際には、該フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するから、誘電体多層反射膜自体ならびに誘電体多層反射膜およびフェライト膜間の磁気光学効果増大率の高温加熱に起因する劣化は生じない。したがって、高い磁気光学効果増大率が確保されることになり、高い性能指数が得られる磁気光学効果増大素子の製造方法を実現することができる。

【0014】請求項4によれば、基板上にフェライト膜および誘電体膜を順次交互に積層させて多層膜構造を作製して、乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件を満足させるように磁気光学効果増大素子を製造する際には、前記フェライト膜をフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の温度で作製するから、誘電体多層反射膜自体ならびに誘電体多層反射膜およびフェライト膜間の磁気光学効果増大率の高温加熱に起因する劣化は生じない。したがって、高い磁気光学効果増大率が確保されることになり、高い性能指数が得られる磁気光学効果増大素子の製造方法を実現することができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づき詳細に説明する。図1は本発明の第1実施形態の磁気光学効果増大素子の構造を示す断面図である。本実施形態の磁気光学効果増大素子は、原理的には従来例1と同一の構造を採用しており、第1の誘電体多層反射膜1および第2の誘電体多層反射膜2間にフェライト膜3を挟んだサンドイッチ構造として構成されている。

【0016】本実施形態においては、誘電体多層反射膜1、2をそれぞれ、屈折率の異なる2種類の誘電体膜である誘電体膜(I)；4、5、6、7、8、9および誘電体膜(II)；10、11、12、13、14、15を交互に堆積して作製する。上記2種類の誘電体膜(I)および(II)としてはSiO₂、Ta₂O₅等の酸化物誘電体膜を用い、この酸化物誘電体膜は300℃程度以下の温度で、真空蒸着法、スパッタ法等によって作製する。その間、本実施形態では、2種類の誘電体膜および1種類のフェライト膜の厚さを調節して「ファブリペロ

「共鳴条件」を満足させることによって磁気光学効果を増大させている（なお、「ファブリペロー共鳴条件を満足させる膜厚調整方法」に関しては、上述した論文1を参照のこと）。

【0017】次に、本実施形態の磁気光学効果増大素子の製造方法を説明する。まず、図示しない基板上に2種類の誘電体膜（I）および（II）を真空蒸着法、スパッタ法等により300℃程度以下の温度で交互に積層して第1の誘電体多層反射膜1を作製する。次に、第1の誘電体多層反射膜1上に、フェライトめっき法により20℃以上100℃以下の水溶液中でフェライト膜3を堆積させる（ここで、温度範囲を20℃以上100℃以下に限定した理由は、水溶液温度が20℃未満の場合には、めっき速度が著しく低下し、100℃以上では水の蒸発を抑えるためのオートクレーブ容器が必要とされ（煩雑化される）からである。その後、フェライト膜3上に、2種類の誘電体膜（I）および（II）を真空蒸着法、スパッタ法等により交互に積層して第2の誘電体多層反射膜2を作製して、サンドイッチ構造とする。このような一連の製造工程の間、ファブリペロー共鳴条件を満足させるように磁気光学効果増大素子の各構成要素の膜厚をコントロールするものとする。なお、上記製造方法では、第1の誘電体多層反射膜1上にフェライト膜3を堆積させた後に第2の誘電体多層反射膜2を作製したが、代わりに、第1の誘電体多層反射膜1および第2の誘電体多層反射膜2を所定の隙間が確保されるように予め作製しておき、その後、誘電体多層反射膜1、2の隙間にフェライトめっき法により20℃以上100℃以下の水溶液中でフェライト膜3を堆積させてもよい。

【0018】本実施形態の磁気光学効果増大素子は、フェライト膜作製時に高温加熱を行わない上記製造方法により製造されるため、「ファブリペロー共鳴」により、理論上、光吸収を増大させたり反射率を減少させることなく磁気光学効果を無限大に高めることができ、諸々の原因による理論からのずれを考慮しても、磁気光学性能指数が著しく増大する。したがって、本実施形態の磁気光学効果増大素子は、磁気光学効果を利用した各種の記憶機器、計測機器、制御機器等（具体例としては、光磁気ディスク、電流センサ、磁界センサ、ファラデー回転素子、磁気光学静磁波素子、光ディスプレイ素子、光磁気偏向器、光スイッチ、光アイソレータ、光サーキュレータ等がある）に応用した場合、それらの性能を飛躍的に高めることができる。

【0019】図2は本発明の第2実施形態の磁気光学効果増大素子の構造を示す断面図である。本実施形態の磁気光学効果増大素子は、原理的には従来例2と同一の構造を採用しており、フェライト膜および誘電体膜を順次交互に積層させた多層膜構造として構成されている。

【0020】本実施形態においては、1種類の誘電体膜16、17、18、19、20および1種類のフェライ

ト膜21、22、23、24、25、26を交互に堆積して合計11層の多層膜構造を作製する。上記1種類の誘電体膜としては SiO_2 もしくは Ta_2O_5 等の酸化物誘電体膜を用い、この酸化物誘電体膜は300℃程度以下の温度で、真空蒸着法、スパッタ法等によって作製する。上記一連の工程の間、本実施形態では、各誘電体膜および各フェライト膜の厚さを調節して「乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件」を満足させることによって磁気光学効果を増大させている（なお、上記乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件を満足させる膜厚調整方法）に関しては、上述した論文2を参照のこと）。

【0021】次に、本実施形態の磁気光学効果増大素子の製造方法を説明する。まず、フェライトめっき法により20℃以上100℃以下の水溶液中でフェライト膜21を図示しない基板上に堆積させる。次に、フェライト膜21上に誘電体膜16を真空蒸着法またはスパッタ法により300℃程度以下の温度で作製する。以下同様にして、フェライト膜22、誘電体膜17、フェライト膜23、誘電体膜18、・・・、誘電体膜20、フェライト膜26を順次交互に積層させて合計11層の多層膜構造を作製する。このような一連の製造工程の間、「乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果が発生する条件」を満足させるように磁気光学効果増大素子の各構成要素の膜厚をコントロールするものとする。

【0022】本実施形態の磁気光学効果増大素子は、フェライト膜作製時に高温加熱を行わない上記製造方法により製造されるため、「乱れた積層構造をもつ多層膜中の光局在効果」により、理論上、光吸収を増大させたり反射率を減少させることなく磁気光学効果を従来例2の数十倍に高めることができ、諸々の原因による理論からのずれを考慮しても、磁気光学性能指数が著しく増大する。したがって、本実施形態の磁気光学効果増大素子は、磁気光学効果を利用した各種の記憶機器、計測機器、制御機器等（具体例としては、光磁気ディスク、電流センサ、磁界センサ、ファラデー回転素子、磁気光学静磁波素子、光ディスプレイ素子、光磁気偏向器、光スイッチ、光アイソレータ、光サーキュレータ等がある）に応用した場合、それらの性能を飛躍的に高めることができる。

【0023】なお、上記各実施形態の磁気光学効果増大素子は、本願発明者が提案した従来例1、2の磁気光学効果増大素子に、本願発明者が「IEEE Trans. Magn. MAG-23 P3432-3434(1987)」に論文「Plating of ferrite film on 8" disc at 70 °C by "spray-spin-coating" method, M. Abe, Y. Tamura, M. Oishi, T. Saitoh, T. Itohand M. Gomi」(以下、論文3という)として発表したフェライトめっき法を適用することにより実現可能と考えられる。しかしながら、実際に上記各実施形態の磁気光学効果増大素子を製造するためには、「従来例1、2の磁

気光学効果増大素子にフェライトめっき法を適用する」という着想だけでは不十分であり、(1)本願発明者が発表した論文1、2の理論に基づき磁気光学効果増大素子の構造および該磁気光学効果増大素子を構成する多層膜の膜厚を決定し、(2)製造される磁気光学効果増大素子が実際に前記構造および膜厚を有するものとなるように、膜厚を正確かつ精密にコントロールしながら多層膜の各々の膜を作製する必要がある。これらの要件を満足させることは、以前から「磁気光学効果増大素子」および「フェライトめっき法」の研究開発を続け、上記

(1)、(2)の双方に関して高度な技術力を有する本願発明者によって、初めて実現されたものである。

【0024】

実施例1の素子構造およびパラメータ

構造	$(\text{SiO}_2 / \text{Ta}_2\text{O}_5) \times 6 / \text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4 / (\text{Ta}_2\text{O}_5 / \text{SiO}_2) \times 6$
膜厚	$d_s = 93\text{nm}$, $d_r = 62\text{nm}$, $d_c = 130\text{nm}$
共振波長	$\lambda_R = 520\text{nm}$

【0026】この構造を実現するため、まず、BK7ガラス基板(30mmφ×1mm)上に真空蒸着法により SiO_2 膜および Ta_2O_5 膜を交互に6層(合計12層)堆積させて、誘電体多層完全反射膜1を形成した。この上にスピンスプレーフェライトめっき法により、反応液($\text{FeCl}_2 + \text{CoCl}_2$)および酸化液($\text{NaN O}_2 + \text{CH}_3\text{COONH}_4$)を用いて、温度90℃、pH=6.9で Co フェライト膜3を堆積した。さらに、このフェライト膜3上に、上記と全く同一構造の誘電体多層完全反射膜2を真空蒸着法で形成した。なお、「スピンスプレーフェライトめっき法」は、脱気水を用いる通常のフェライトめっき法の「 Fe^{2+} イオンが Fe^{3+} イオンとなって水溶液中に沈殿して膜質の劣化を招く」不具合を改善したものであり、その詳細に関しては、上記論文3および「東京工業大学 博士論文(工学)」(発表日;平成7年6月20日、題名;「高速・低温フェライトメッキ法の開発とその応用」)を参照のこと。

【0027】この薄膜光共振素子における光透過率Tのスペクトルは図3(a)に示すようになり、設計通り、波長 $\lambda_R = 520\text{nm}$ をピークとする共振特性(ピーク※40

実施例2の素子構造およびパラメータ

構造	$(\text{SiO}_2 / \text{Ta}_2\text{O}_5) \times 6 / \text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4 / (\text{Ta}_2\text{O}_5 / \text{SiO}_2) \times 6$
膜厚	$d_s = 100\text{nm}$, $d_r = 67\text{nm}$, $d_c = 140\text{nm}$
共振波長	$\lambda_R = 560\text{nm}$

【0030】上記のような厚さの SiO_2 膜、 Ta_2O_5 膜および Co フェライト膜を、実施例1と同様の方法で堆積して薄膜光共振素子を作製した。この薄膜光共振素子は、図4(a)に示した通り、 $\lambda_R = 560\text{nm}$ で★50

*【実施例】(実施例1)図1に示す構造において、共振(共鳴)波長を $\lambda_R = 520\text{nm}$ に設定し、2種類の誘電体膜 SiO_2 (屈折率 $n=1.4$)および Ta_2O_5 ($n=2.1$)を合計6層積層した誘電体多層完全反射膜1、2で、 $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4$ なる組成の Co フェライト膜($n=2.0$)を挟んでサンドイッチ構造にしたファブリペロー薄膜光共振素子の各構造パラメータを計算した。その結果、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 Co フェライト膜の厚さはそれぞれ、 $d_s = 93\text{nm}$ 、 $d_r = 62\text{nm}$ 、 $d_c = 130\text{nm}$ という結果を得た(表1を参照のこと)。

【0025】

【表1】

※値 $T=24\%$ 、半値幅 $\Delta\lambda=7\text{nm}$)を示している。この共振波長($\lambda_R = 520\text{nm}$)でファラデー回転角も図3(b)のように共振ピーク特性を示し、ピーク値は $\theta_F = 11.5^\circ$ であった。また、見かけ上の磁気光学性能指数は $\theta_F / \{1n(1/T)\} = 11.5\text{deg}$ であった。なお、堆積した Co フェライト膜のみにより構成した素子におけるファラデー回転角は $\theta_F = 1.3\text{deg}$ であり、性能指数は $\theta_F / d\alpha = 5\text{deg}$ であるから、本実施形態の薄膜光共振素子は、 Co フェライト膜のみの構成に比べてファラデー回転角は8.8倍にも増大し、性能指数は1.6倍になった。

【0028】(実施例2)図1に示す構造において、共振波長を $\lambda_R = 560\text{nm}$ に変更したこと以外は実施例1と同一設定にしたファブリペロー薄膜光共振素子の各構造パラメータを計算したところ、 $d_s = 100\text{nm}$ 、 $d_r = 67\text{nm}$ 、 $d_c = 140\text{nm}$ という結果を得た(表2を参照のこと)。

【0029】

【表2】

★共振特性を示し、ピークで、光透過率 $T=24\%$ 、ファラデー回転角 $\theta_F = 11.6^\circ$ が得られた。この場合、 Co フェライト膜のみの構成に対し、ファラデー回転角の増大率は8.3倍であり、性能指数の増大率は1.6

倍であった。

【0031】(実施例3) 図2に示す構造において、全体の膜厚を $5\mu\text{m}$ に設定し、それを16分割した各層に、 SiO_2 誘電体膜(以下、Sという)もしくは組成 $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4$ なる組成のフェライト膜(以下、Cという)を配列する全ての組合わせを検討し、かつ単独のS層の厚さ d_s および単独のC層の厚さ d_c の比を変化させて、波長 $\lambda_R = 0.83\mu\text{m}$ でファラデー回転角が増大する組合わせを計算機シミュレーションによって求めた。その結果、 SiO_2 誘電体膜(S)、Cコ

【0032】

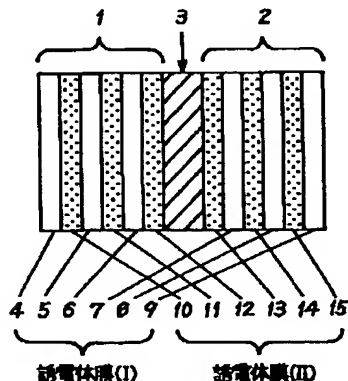
【表3】

実施例3の素子構造およびパラメータ

全体膜厚	$5\mu\text{m}$
1層あたりの膜厚	$d_s = 0.34\mu\text{m}$, $d_c = 0.28\mu\text{m}$
膜構造、膜配列順序	CSSCCSCSSCCSCSSC

【0033】そこで、実施例1と同様のフェライトめっき法および真空蒸着法で上記11層の交互堆積膜を作製

【図1】



した。その結果、図5(b)に示すように、波長 $\lambda_R = 0.83\mu\text{m}$ においてファラデー回転角が鋭い極大ピーク(極大値 $\theta_F = -1.3\text{deg}$)を示し、透過率も図5(a)に示すように鋭い極大ピーク(極大値54%)を示した。さらにこの共振波長よりも長波長側で数個所のサテライトピークも観測された。この場合、Cコフェライト膜のみの構成に対し、波長 $\lambda_R = 0.83\mu\text{m}$ におけるファラデー回転角の増大率は4.5倍であり、磁気光学性能指数の増大率は1.4倍であった。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の磁気光学効果増大素子および従来例の磁気光学効果増大素子の構造を示す断面図である。

【図2】本発明の第2実施形態の磁気光学効果増大素子および従来例の磁気光学効果増大素子の構造を示す断面図である。

【図3】(a), (b)はそれぞれ、図1の構造を有する実施例1の磁気光学効果増大素子の光透過率スペクトルおよびファラデー回転角の測定結果を示す図である。

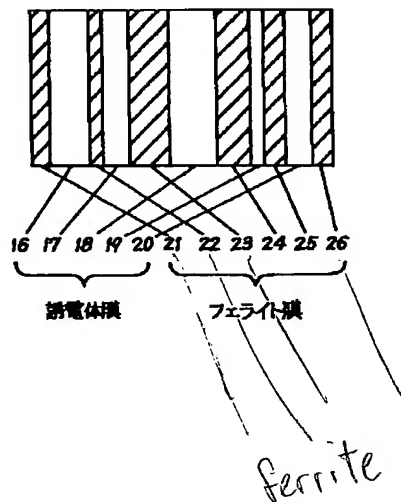
20 【図4】(a), (b)はそれぞれ、図1の構造を有する実施例2の磁気光学効果増大素子の光透過率スペクトルおよびファラデー回転角の測定結果を示す図である。

【図5】(a), (b)はそれぞれ、図2の構造を有する実施例3の磁気光学効果増大素子の光透過率スペクトルおよびファラデー回転角の測定結果を示す図である。

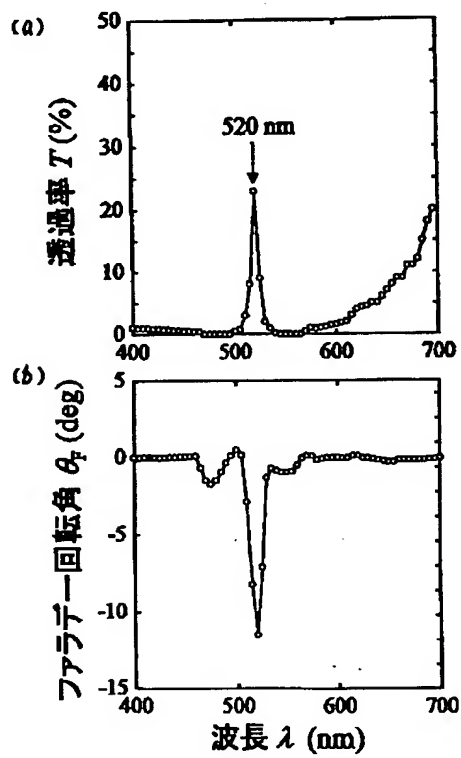
【符号の説明】

- 1 第1の誘電体多層反射膜
- 2 第2の誘電体多層反射膜
- 3 フェライト膜
- 30 4~9 誘電体膜(I)
- 5~15 誘電体膜(II)
- 16~20 誘電体膜
- 21~26 フェライト膜

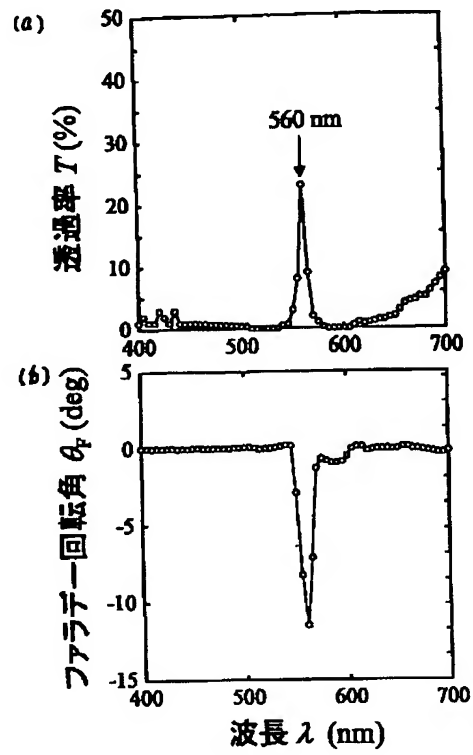
【図2】



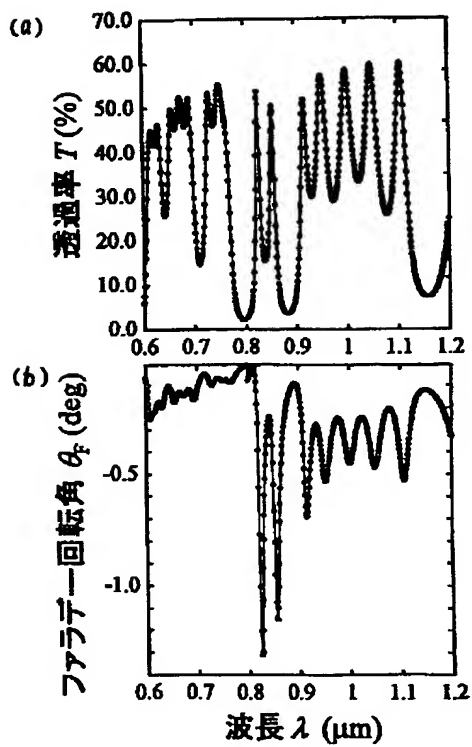
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

キーワード(参考)

)

H 0 1 F 10/20

H 0 1 F 10/20

10/26

10/26

Fターム(参考) 2G017 AA01 AD11 AD14

2H048 GA07 GA13 GA33 GA48 GA51

2H079 AA03 AA13 BA02 CA06 CA08

DA12 EA12 HA16 KA14 KA20

5D075 EE03 FF07 GG01 GG02 GG03

GG16

5E049 AB04 AB09 AC05 BA16 BA22

DB04 DB14

[Date of request for examination] 27.11.1998
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.11.2000
[Kind of final disposal of application other than the examiner's
decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The magneto-optical-effect increase element characterized by producing the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less in the magneto-optical-effect increase element constituted so that the Fabry-Perot resonance conditions might be satisfied while considering as the sandwich structure on both sides of the ferrite film between the 1st and 2nd dielectric multilayer reflective films.

[Claim 2] The magneto-optical-effect increase element characterized by to produce the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method at 20 degrees-C or more the temperature of 100 degrees C or less in the magneto-optical-effect increase element which constituted so that the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates might be satisfied, while carrying out the laminating of a dielectric film and the ferrite film by turns one by one and considering as multilayer structure.

[Claim 3] Carry out the laminating of two kinds of dielectric films by turns by the vacuum deposition method or the sputter on a substrate, and the 1st dielectric multilayer reflective film is produced. this, while a ferrite film is produced on the 1st dielectric multilayer reflective film, and carrying out the laminating of two kinds of dielectric films by turns by the vacuum deposition method or the sputter on this ferrite film, producing the 2nd dielectric multilayer reflective film and considering as a sandwich structure The manufacture method of the magneto-optical-effect increase element characterized by facing manufacturing a magneto-optical-effect increase element so that the Fabry-Perot resonance conditions may be satisfied, and producing the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less.

[Claim 4] While carrying out the laminating of a ferrite film and the dielectric film by turns one by one on a substrate and producing multilayer structure While it faces manufacturing a magneto-optical-effect increase element so that the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates may be satisfied, and producing the aforementioned dielectric film by the vacuum deposition method or the sputter The manufacture method of the magneto-optical-effect increase element characterized by producing the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the magneto-optical-effect increase element manufactured by the manufacture method which raises the rate of magneto-optical-effect increase of the magneto-optical-effect increase element constituted so that the "Fabry-Perot resonance conditions" and "the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates" might be satisfied, and this manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a conventional example of a magneto-optical-effect increase element, the thing of the structure shown, for example in drawing 1 and drawing 2 is proposed. The conventional example (henceforth the conventional example 1) shown in drawing 1 paper "huge en hunger-strike MENTO of the magneto-optics Faraday effect by optical localization" an invention-in-this-application person -- Institute of Electrical Engineers of Japan MAGUNE tex study group data; -- MAG- to 96-168P1-10 (November, Heisei 8 Saitama University) In order to announce as (calling it a paper 1 hereafter) and to increase the magneto-optical effect of a ferrite film, it is constituted as a sandwich structure which sandwiched the ferrite film 3 among 2 sets of dielectric multilayer reflective films 1 and 2. The conventional example (henceforth the conventional example 2) shown in drawing 2 An invention-in-this-application person to the Magnetics Society of Japan 21 and P187-P192 (1997) It announces as a paper "huge en hunger strike MENTO of the magneto-optics Faraday effect by the optical localization with the disordered laminated structure of a multilayered film" (henceforth a paper 2), and is constituted as multilayer structure which carried out the laminating of the ferrite film and dielectric film which changed thickness by turns.

[0003] In the conventional example 1, (dielectric-film I);4 which are two kinds of dielectric films from which a refractive index differs the dielectric multilayer reflective films 1 and 2, respectively, 5, 6, 7, 8 and 9 and dielectric-film (II);10, and 11, 12, 13, 14 and 15 are deposited by turns, and they are produced. as the two above-mentioned kinds of dielectric films (I), and (II) -- SiO₂ and Ta₂O₅ etc. -- using an oxide dielectric film, this oxide dielectric film is about 300 degrees C or less in temperature, and is produced by the vacuum deposition method, the spatter, etc. The magneto-optical effect is increased by adjusting the thickness of two kinds of dielectric films, and one kind of ferrite film, and satisfying the "Fabry-Perot resonance conditions" for the conventional example 1 in the meantime.

[0004] On the other hand, in the conventional example 2, one kind of dielectric films 16, 17, 18, 19, and 20 and one kind of ferrite films 21, 22, 23, 24, 25, and 26 are deposited by turns, and multilayer structure is produced. as the one above-mentioned kind of dielectric film -- SiO₂ Or Ta₂O₅ etc. -- using an oxide dielectric film, this oxide dielectric film is about 300 degrees C or less in temperature, and is produced by the vacuum deposition method, the spatter, etc. The magneto-optical effect is increased by adjusting the thickness of each dielectric film and each ferrite film, and satisfying "the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates" for the conventional example 2 in the meantime.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although it is necessary to carry out a temperature up to about 900 degrees C or more in order to make a ferrite film into the crystalline substance which shows ferromagnetism, since diffusion of a metal ion takes place between oxide dielectric films and an oxide dielectric film, and a ferrite film even if it is the case where a temperature up is carried out, for example to about 500 degrees C, the magneto-optical-effect increase phenomenon between the oxide dielectric film itself and an oxide dielectric film, and a ferrite film will be reduced remarkably. Therefore, when a temperature up is carried out to about 500 degrees C or more as mentioned above and a ferrite film is produced, the rate of the **** optical effect increase of a magneto-optical-effect increase element will be reduced remarkably.

[0006] this invention is made paying attention to the above-mentioned problem, and aims at offering the magneto-optical-effect increase element it was made to raise the rate of magneto-optical-effect increase, and its manufacture method.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The 1st invention according to claim 1 is characterized by producing the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method in the magneto-optical-effect increase element constituted so that the

Fabry-Perot resonance conditions might be satisfied, while considering as a sandwich structure on both sides of [for the above-mentioned purpose] a ferrite film at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less between the 1st and 2nd dielectric multilayer reflective films.

[0008] While the 2nd invention according to claim 2 carries out the laminating of a dielectric film and the ferrite film by turns one by one for the above-mentioned purpose and considering as multilayer structure, it is characterized by to produce the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method at 20 degrees-C or more the temperature of 100 degrees C or less in the magneto-optical-effect increase element which constituted so that the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates may satisfy.

[0009] For the above-mentioned purpose, the 3rd invention according to claim 3 Carry out the laminating of two kinds of dielectric films by turns by the vacuum deposition method or the spatter on a substrate, and the 1st dielectric multilayer reflective film is produced. this, while a ferrite film is produced on the 1st dielectric multilayer reflective film, and carrying out the laminating of two kinds of dielectric films by turns by the vacuum deposition method or the spatter on this ferrite film, producing the 2nd dielectric multilayer reflective film and considering as a sandwich structure It faces manufacturing a magneto-optical-effect increase element so that the Fabry-Perot resonance conditions may be satisfied, and it is characterized by producing the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less.

[0010] For the above-mentioned purpose, the 4th invention according to claim 4 While carrying out the laminating of a ferrite film and the dielectric film by turns one by one on a substrate and producing multilayer structure While it faces manufacturing a magneto-optical-effect increase element so that the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates may be satisfied, and producing the aforementioned dielectric film by the vacuum deposition method or the spatter It is characterized by producing the aforementioned ferrite film by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less.

[0011]

[Effect of the Invention] Since according to the claim 1 the ferrite film of the magneto-optical-effect increase element which constituted the ferrite film in the ***** sandwich structure between the 1st and 2nd dielectric multilayer reflective films is produced by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less so that the Fabry-Perot resonance conditions may be satisfied, degradation which originates in the dielectric multilayer reflective film [itself] row at the heating at high temperature of the rate of magneto-optical-effect increase between a dielectric multilayer reflective film and a ferrite film is not produced. Therefore, the high rate of magneto-optical-effect increase will be secured, and the magneto-optical-effect increase element from which a high performance index is obtained can be realized.

[0012] So that the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates may be satisfied according to the claim 2 The ferrite film of the magneto-optical-effect increase element which was made to carry out the laminating of a dielectric film and the ferrite film by turns one by one, and was constituted in multilayer structure Since it produces by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less, degradation which originates in the dielectric multilayer reflective film [itself] row at the heating at high temperature of the rate of magneto-optical-effect increase between a dielectric multilayer reflective film and a ferrite film is not produced. Therefore, the high rate of magneto-optical-effect increase will be secured, and the magneto-optical-effect increase element from which a high performance index is obtained can be realized.

[0013] According to the claim 3, a ferrite film is produced between the 1st which carried out the laminating of two kinds of dielectric films by turns by the vacuum deposition method or the spatter, and constituted them, and 2nd dielectric multilayer reflective films. In case a magneto-optical-effect increase element is produced so that the Fabry-Perot resonance conditions may be satisfied Since this ferrite film is produced by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less, degradation which originates in the dielectric multilayer reflective film [itself] row at the heating at high temperature of the rate of magneto-optical-effect increase between a dielectric multilayer reflective film and a ferrite film is not produced. Therefore, the high rate of magneto-optical-effect increase will be secured, and the manufacture method of a magneto-optical-effect increase element that a high performance index is obtained can be realized.

[0014] According to the claim 4, carry out the laminating of a ferrite film and the dielectric film by turns one by one on a substrate, and multilayer structure is produced. In case a magneto-optical-effect increase element is manufactured so that the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates may be satisfied Since the aforementioned ferrite film is produced by the ferrite galvanizing method at 20-degree-C or more temperature of 100 degrees C or less, degradation which originates in the dielectric multilayer reflective film [itself] row at the heating at high temperature of the rate of magneto-optical-effect increase between a dielectric multilayer reflective film and a ferrite film is not produced. Therefore, the high rate of magneto-optical-effect increase will be secured, and the manufacture method of a magneto-optical-effect increase element that a high performance index is obtained can be realized.

[0015]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained in detail based on a drawing. Drawing 1 is the cross section showing the structure of the magneto-optical-effect increase element of the 1st operation gestalt of this invention. Theoretically, the same structure as the conventional example 1 is used for the magneto-optical-effect increase element of this operation gestalt, and it is constituted as a sandwich structure which sandwiched the ferrite film 3 between the 1st dielectric multilayer reflective film 1 and the 2nd dielectric multilayer reflective film 2.

[0016] In this operation gestalt, (dielectric-film I);4 which are two kinds of dielectric films from which a refractive index differs the dielectric multilayer reflective films 1 and 2, respectively, 5, 6, 7, 8 and 9 and dielectric-film (II);10, and 11, 12, 13, 14 and 15 are deposited by turns, and they are produced. as the two above-mentioned kinds of dielectric films (I), and (II) -- SiO₂ and Ta₂O₅ etc. -- using an oxide dielectric film, this oxide dielectric film is about 300 degrees C or less in temperature, and is produced by the vacuum deposition method, the spatter, etc. The magneto-optical effect is increased by adjusting the thickness of two kinds of dielectric films, and one kind of ferrite film, and satisfying the "Fabry-Perot resonance conditions" in this operation gestalt in the meantime (in addition, refer to the paper 1 mentioned above about "the thickness adjustment method to which the Fabry-Perot resonance conditions are satisfied").

[0017] Next, the manufacture method of the magneto-optical-effect increase element of this operation gestalt is explained. First, the laminating of two kinds of dielectric films (I) and the (II) is carried out by turns at the temperature of about 300 degrees C or less by the vacuum deposition method, the spatter, etc. on the substrate which is not illustrated, and the 1st dielectric multilayer reflective film 1 is produced. Next, the ferrite film 3 is made to deposit by the ferrite galvanizing method on the 1st dielectric multilayer reflective film 1 in 20-degree-C or more solution 100 degrees C or less (here). Plating speed falls remarkably, the autoclave container for suppressing evaporation of water above 100 degrees C is needed (turning complicated), and the reason which limited the temperature requirement to 20 degrees C or more 100 degrees C or less is from **, when the degree of aqueous solution temperature is less than 20 degrees C. Then, on the ferrite film 3, the laminating of two kinds of dielectric films (I) and the (II) is carried out by turns by the vacuum deposition method, the spatter, etc., and the 2nd dielectric multilayer reflective film 2 is produced, and it considers as a sandwich structure. The thickness of each component of a magneto-optical-effect increase element shall be controlled to satisfy the Fabry-Perot resonance conditions between such a series of manufacturing processes. In addition, although the 2nd dielectric multilayer reflective film 2 was produced by the above-mentioned manufacture method after making the ferrite film 3 deposit on the 1st dielectric multilayer reflective film 1. Instead, the 1st dielectric multilayer reflective film 1 and the 2nd dielectric multilayer reflective film 2 are beforehand produced so that a predetermined crevice may be secured. Then, you may make the ferrite film 3 deposit on the crevice between the dielectric multilayer reflective films 1 and 2 by the ferrite galvanizing method in 20-degree-C or more solution 100 degrees C or less.

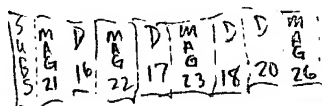
[0018] Since the magneto-optical-effect increase element of this operation gestalt is manufactured by the above-mentioned manufacture method of not performing heating at high temperature at the time of ferrite film production, even if it can heighten the magneto-optical effect infinitely and takes into consideration the gap from the theory by the various cause, without increasing an optical absorption or decreasing a reflection factor, a magneto-optics performance index increases remarkably theoretically by the "Fabry-Perot resonance." Therefore, the magneto-optical-effect increase element of this operation gestalt can raise those performances by leaps and bounds, when it applies to various kinds of storage devices using the magneto-optical effect, a measuring machine machine, a control equipment, etc. (there are a magneto-optic disk, a current sensor, a magnetic field sensor, a Faraday-rotation element, a magneto-optics magnetostatic wave element, an optical display element, ***** deflecting system, an optical switch, an optical isolator, an optical circulator, etc. as an example).

[0019] Drawing 2 is the cross section showing the structure of the magneto-optical-effect increase element of the 2nd operation gestalt of this invention. Theoretically, the same structure as the conventional example 2 is used for the magneto-optical-effect increase element of this operation gestalt, and it is constituted as multilayer structure to which the laminating of a ferrite film and the dielectric film was carried out by turns one by one.

[0020] In this operation form, one kind of dielectric films 16, 17, 18, 19, and 20 and one kind of ferrite films 21, 22, 23, 24, 25, and 26 are deposited by turns, and the multilayer structure of a total of 11 layers is produced. as the one above-mentioned kind of dielectric film -- SiO₂ Or Ta₂O₅ etc. -- using an oxide dielectric film, this oxide dielectric film is about 300 degrees C or less in temperature, and is produced by the vacuum deposition method, the spatter, etc. The magneto-optical effect is increased by adjusting the thickness of each dielectric film and each ferrite film, and satisfying "the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates" in this operation form between a series of above-mentioned processes, (in addition). Refer to the paper 2 mentioned above about the thickness adjustment method to which the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the laminated structure confused the account of a top generates are satisfied."

[0021] Next, the manufacture method of the magneto-optical-effect increase element of this operation form is explained. First, it is made to deposit on the substrate which does not illustrate the ferrite film 21 by the ferrite galvanizing method in 20-degree-C or more solution 100 degrees C or less. Next, a dielectric film 16 is produced at the temperature of about 300 degrees C or less by the vacuum deposition method or the spatter on the ferrite film 21. Like the following, the laminating of the ferrite film 22, a dielectric film 17, the ferrite film 23, a dielectric film 18, ..., a dielectric film 20, and the ferrite film 26 is carried out by turns one by one, and the multilayer structure of a total of 11 layers is produced. The thickness of each component of a magneto-optical-effect increase element shall be controlled to satisfy "the conditions which the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure generates" between such a series of manufacturing processes.

[0022] Since the magneto-optical-effect increase element of this operation form is manufactured by the above-mentioned manufacture method of not performing heating at high temperature at the time of ferrite film production, According to "the optical localization effect in a multilayer with the disordered laminated structure", theoretically, even if it can heighten the magneto-optical effect by dozens times the conventional example 2 and takes into consideration the gap from the theory by



the various cause, without increasing an optical absorption or decreasing a reflection factor, a magneto-optics performance index increases remarkably. Therefore, the magneto-optical-effect increase element of this operation form can raise those performances by leaps and bounds, when it applies to various kinds of storage devices using the magneto-optical effect, a measuring machine machine, a control equipment, etc. (there are a magneto-optic disk, a current sensor, a magnetic field sensor, a Faraday-rotation element, a magneto-optics magnetostatic wave element, an optical display element, ***** deflecting system, an optical switch, an optical isolator, an optical circulator, etc. as an example).

[0023] In addition, the magneto-optical-effect increase element of each above-mentioned operation form For the magneto-optical-effect increase element of the conventional examples 1 and 2 which the invention-in-this-application person proposed An invention-in-this-application person to "IEEE Trans.Magn.MAG-23 P3432-3434 (1987)" Paper "Plating of ferrite film on 8"disc at 70 ** by"spray-spin-coating" It is thought by applying the ferrite galvanizing method announced as method, M.Abe, Y.Tamura, M.Oishi, T.Saitoh, and T.Itohand M.Gomi" (henceforth a paper 3) that realization is possible. however, in order to actually manufacture the magneto-optical-effect increase element of each above-mentioned operation form Just the idea of "applying the ferrite galvanizing method to the magneto-optical-effect increase element of the conventional examples 1 and 2" is inadequate. (1) The thickness of the multilayer which constitutes the structure of a magneto-optical-effect increase element and this magneto-optical-effect increase element based on the theory of the papers 1 and 2 which the invention-in-this-application person announced is determined. (2 It is necessary to produce each film of a multilayer, controlling thickness correctly and precisely so that the magneto-optical-effect increase element manufactured becomes what actually has the aforementioned structure and thickness.) Satisfying these requirements continues research and development of a "magneto-optical-effect increase element" and the "ferrite galvanizing method" from before, and the invention-in-this-application person who has the advanced technical force about the both sides of the above (1) and (2) is realized for the first time.

[0024]

[Example] In the structure shown in drawing 1, resonance (resonance) wavelength is set as $\lambda_R = 520\text{nm}$. (Example 1) Two kinds of dielectric films SiO_2 , and (refractive index $n = 1.4$) Ta_2O_5 ($n = 2.1$) by the dielectric multilayer full reflective films 1 and 2 which carried out a total of six-layer laminating $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4$ Each structure parameter of the Fabry-Perot thin film light resonant element made into the sandwich structure on both sides of Co ferrite film ($n = 2.0$) of composition was calculated. Consequently, the thickness of SiO_2 , Ta_2O_5 , and Co ferrite film obtained the result of $d_S = 93\text{nm}$, $d_T = 62\text{nm}$, and $d_C = 130\text{nm}$, respectively (refer to Table 1).

[0025]

[Table 1]

実施例 1 の素子構造およびパラメータ

構造	$(\text{SiO}_2 / \text{Ta}_2\text{O}_5) \times 6 / \text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4 / (\text{Ta}_2\text{O}_5 / \text{SiO}_2) \times 6$
膜厚	$d_S = 93\text{nm}$, $d_T = 62\text{nm}$, $d_C = 130\text{nm}$
共振波長	$\lambda_R = 520\text{nm}$

[0026] In order to realize this structure, it is SiO_2 by the vacuum deposition method on BK7 glass substrate (30mm phix 1mm) first. A film and Ta_2O_5 The six-layer (a total of 12 layers) deposition of the film was carried out by turns, and the dielectric multilayer full reflective film 1 was formed. Besides, by the spin SUBURE ferrite galvanizing method, reaction mixture ($\text{FeCl}_2 + \text{CoCl}_2$) and oxidization liquid ($\text{NaNO}_2 + \text{CH}_3\text{COONH}_4$) were used, and Co ferrite film 3 was deposited in the temperature of 90 degrees C, and $\text{pH} = 6.9$. Furthermore, the dielectric multilayer full reflective film 2 of the same structure was completely formed by the vacuum deposition method with the above on this ferrite film 3. In addition, the "spin SUBURE ferrite galvanizing method" The fault " Fe^{2+} ion turns into Fe^{3+} ion, it precipitates in solution, and membraneous degradation is invited" is improved. [of the usual ferrite galvanizing method using degassed water] the -- be related in detail and refer to the above-mentioned paper 3 and "the Tokyo Institute of Technology doctoral dissertation (engineering)" (announcement day; June 20, Heisei 7, title;" development and its application of high speed and low-temperature ferrite plating)

[0027] The spectrum of the light transmittance T in this thin film light resonant element comes to be shown in drawing 3 (a), and the resonance characteristic ($T = 24\%$ of peak value, half-value-width $\lambda = 7\text{nm}$) with a peak of wavelength $\lambda_R = 520\text{nm}$ is shown as the design. The Faraday-rotation angle also showed the resonance peak property like drawing 3 (b) by this resonant wavelength ($\lambda_R = 520\text{nm}$), and peak value was $\theta_F = 11.5$ degree. Moreover, the magneto-optics performance index on appearance was $\theta_F / \{\ln(1/T)\} = 11.5\text{deg}$. In addition, the Faraday-rotation angle in the element constituted only with deposited Co ferrite film was $\theta_F = 1.3\text{deg}$, since the performance index was $\theta_F / \alpha = 5\text{deg}$, in the thin film light resonant element of this operation form, compared with the composition of only Co ferrite film, the Faraday-rotation angle increased by no less than 8.8 times, and the performance index increased 1.6 times.

[0028] (Example 2) In the structure shown in drawing 1, except having changed resonant wavelength into $\lambda_R = 560\text{nm}$, when each structure parameter of the Fabry-Perot thin film light resonant element made the same setup as an example 1 was calculated, the result of $d_S = 100\text{nm}$, $d_T = 67\text{nm}$, and $d_C = 140\text{nm}$ was obtained (refer to Table 2).

[0029]

[Table 2]

実施例 2 の素子構造およびパラメータ

構造	$(\text{SiO}_2 / \text{Ta}_2\text{O}_5) \times 6 / \text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{1.5}\text{O}_4 / (\text{Ta}_2\text{O}_5 / \text{SiO}_2) \times 6$
膜厚	$d_s = 100\text{nm}$, $d_T = 67\text{nm}$, $d_c = 140\text{nm}$
共振波長	$\lambda_R = 560\text{nm}$

[0030] SiO₂ of the above thickness A film and Ta₂O₅ The film and Co ferrite film were deposited by the same method as an example 1, and the thin film light resonant element was produced. $\lambda_R = 560\text{nm}$ showed the resonance characteristic, it is a peak and $T = 24\%$ of light transmittances and Faraday-rotation angle $\theta_F = 11.6$ degree were obtained as this thin film light resonant element was shown in drawing 4 (a). In this case, it was 8.3 times the rate of increase of a Faraday-rotation angle of this to the composition of only Co ferrite film, and was 1.6 times the rate of increase of a performance index of this.

[0031] In the structure shown in drawing 2, the whole thickness is set as 5 micrometers. (Example 3) To each class which divided it into 16, it is SiO₂. A dielectric film (henceforth S), or composition Co_{0.5}Fe_{1.5}O₄ The ferrite film of composition Thickness d_S of S layers independent [examining all the combination that arranges (it is hereafter called C)] And independent C layer thickness d_C The ratio was changed and the combination about which a Faraday-rotation angle increases by wavelength $\lambda_R = 0.83\text{micrometer}$ was searched for by computer simulation. Consequently, SiO₂ When independent layer thickness of a dielectric film (S) and Co ferrite film (C) was set to $d_S = 0.34\text{micrometer}$ and $d_C = 0.28\text{micrometer}$ and these were arranged in order of (CSSCCSCSSCCSCSSC), it became clear that a Faraday-rotation angle increases remarkably, namely, like C(0.28 micrometers) S(0.34micrometerx2) C(0.28micrometerx2) S(0.34 micrometers) C(0.28 micrometers) S(0.34micrometerx2) C(0.28micrometerx2) S(0.34 micrometers) C(0.28 micrometers) S(0.34micrometerx2) C (0.28 micrometers) Co ferrite film and SiO₂ from which thickness differs, respectively By piling up a total of 11 layers of films by turns showed that increase of a Faraday-rotation angle was realizable (refer to Table 3).

[0032]

[Table 3]

実施例 3 の素子構造およびパラメータ

全体膜厚	$5 \mu\text{m}$
1 層あたりの膜厚	$d_s = 0.34 \mu\text{m}$, $d_c = 0.28 \mu\text{m}$
膜構造、膜配列順序	C S S C C S C S S C C S C S S C

[0033] Then, the mutual deposition film of the 11 above-mentioned layers was produced by the same ferrite galvanizing method and same vacuum deposition method as an example 1. Consequently, as shown in drawing 5 (b), as the maximum peak (maximal value $\theta_F = 1.3\text{deg}$) with a sharp Faraday-rotation angle was shown in wavelength $\lambda_R = 0.83\text{micrometer}$ and it was shown in drawing 5 (a), the sharp maximum peak (54% of maximal value) was shown also for permeability. Furthermore, the satellite peak of a place was also partly observed by the long wavelength side rather than this resonant wavelength. In this case, it was 4.5 times the rate of increase of a Faraday-rotation angle [in / wavelength $\lambda_R = 0.83\text{micrometer}$ / to the composition of only Co ferrite film] of this, and was 1.4 times the rate of increase of a magneto-optics performance index of this.

[Translation done.]